

**NOTE CONCERNANT LE TRAITEMENT DES MESURES
EFFECTUEES AVEC UNE MINI-SONDE SEABIRD LORS DES
CAMPAGNES NOE.**

Le programme NOE, initialisé par C.COLIN en 1989, concerne l'étude des transferts de masse et de chaleur dans la région Nord Ouest Equatoriale de l'océan Atlantique. Au cours de ce programme, sept campagnes (NOE-1, 2,... 7) ont été menées à bord du navire océanographique "André Nizery" de l'ORSTOM, au cours desquelles ont été effectuées des mesures courantométriques (profileur de courant muni d'un courantomètre Aanderaa) et de mesures hydrologiques dont le traitement est détaillé ici.

I: Les mesures hydrologiques.

Les mesures hydrologiques ont été effectuées avec une sonde autonome Seabird du type SBE-19, de la surface jusqu'à une immersion maximale de 1000m de câble filé. Cette sonde mesure la conductivité électrique, la température et la pression. Elle est alimentée par six piles alcalines de 1,5 volts. L'initialisation de la sonde et le dépouillement des données s'effectuent à l'aide du logiciel Seasoft délivré avec la sonde par le constructeur, et ne nécessitent pas l'ouverture du corps de la sonde. Les mesures sont enregistrées dans une mémoire intégrée (RAM statique) de 64 kilo-octets et leur transfert s'effectue en reliant la sonde à un micro-ordinateur portable embarqué. La fréquence maximale d'enregistrement est de 2 Hz, ce qui permet 1,5 heure d'enregistrement continu à cette fréquence. L'ensemble sonde+logiciel est d'une manipulation particulièrement aisée, ce qui permet d'effectuer des mesures dans des conditions de mer difficiles et/ou à bord de navires de dimensions modestes.

Lors des campagnes NOE-1 (mai 1989) et NOE-2 (juin 1989) les mesures de pression et/ou de salinité sont erronées et non exploitables en raison de dysfonctionnement des capteurs respectifs. Elles ne sont donc pas considérées ici. La sonde utilisée lors de NOE-3 (juillet 1989) a été prêtée par le constructeur tandis que celle achetée pour le programme NOE était en cours de révision et de recalibration. Cette dernière a été utilisée sans problèmes au cours des campagnes NOE-4 (février 1990), NOE-5 (mars 1990) et NOE-6 (juin 1990), puis a été recalibrée avant la campagne NOE-7 qui s'est déroulée en octobre 1990) -Cf.: figures 1-.

Les échelles de mesure et la résolution des différents capteurs sont:

	Echelles	Résolution
Température	-5->35°C	0.001°C
Conductivité	0->70mmho/cm	0.0001mmho/cm
Pression	0->6800db	0.03% \Leftrightarrow 2.04db
	NOE-3: 0->680db	0.03% \Leftrightarrow 0.20db

La vitesse verticale optimale d'utilisation de la sonde, indiquée par le constructeur, est d'environ 1m/s. Nous pouvons estimer que cet ordre de grandeur a été généralement respecté sur l'ensemble des campagnes lors de la phase de descente de la sonde, la vitesse de remontée étant légèrement supérieure. Bien que les profils de descente et de remontée soient pratiquement superposables, les critères suivants: -positionnement vertical des capteurs de la sonde (vers le haut ou vers le bas -la sonde a été généralement utilisée capteurs vers le bas excepté lors de NOE-4-), -vitesses de défilement (nombre de données) et -dispersion des mesures de salinité (fréquence de pics) nous ont conduits à retenir les seuls profils de descente, excepté pour NOE-4 pour laquelle le profil de remontée a été choisi.

II: Traitement des mesures.

Le signal mesuré résulte de la conjugaison du signal physique 'moyen' recherché et de différents processus qui s'ajoutent à ce signal: des processus dynamiques liés à la présence de microstructures et d'ondes internes, au sillage du lest fixé en bout de câble et au roulis du navire, et des processus liés aux erreurs des appareils de mesures, à des dysfonctionnements des capteurs ou à un décalage entre les temps de réponse des différents capteurs de la sonde. Ces processus sont identifiables par la dispersion des points de mesure ou par la présence de pics sur les profils. Ainsi, la visualisation des profils de salinité (Cf.:fig.4.a) obtenus à partir des données brutes (sans aucun traitement préalable) permet de constater la présence de pics, plus nombreux et de plus grande amplitude dans les régions de forts gradients verticaux (thermocline), la température étant intégrée dans le calcul de la salinité.

Une étude spécifique des phénomènes de petites échelles spatio-temporelles et des ondes internes nécessiterait ici un traitement particulier et délicat qui, vu la faible résolution du capteur de pression de la sonde, ne pourrait être envisagée qu'avec les mesures récoltées lors de NOE-3. Nous nous intéressons ici qu'au signal de moyennes échelles spatio-temporelles et souhaitons donc filtrer tous les processus cités précédemment sans pour autant atténuer ou biaiser le signal moyen.

La procédure utilisée pour cela est comparable à celle adoptée par D.Taillez, du Laboratoire de Physique et de Chimie Marine de Villefranche-sur-mer, qui utilise la même sonde Seabird SBE-19 et qui a eu l'amabilité de nous communiquer sa méthode.

Elle consiste en quatre étapes:

- 'alignement' des mesures,
- moyennage,
- élimination des points aberrants,
- filtrage,

détaillées ci-dessous.

a) -alignement des mesures:

Cette étape consiste à corriger le décalage temporel des mesures effectuées par les différents capteurs, dû à leurs temps de réponse distincts et au fait que les parcelles d'eau analysées par les capteurs de température et de conductivité ne sont pas rigoureusement identiques, en raison de leurs différentes positions sur le corps de la sonde et des phénomènes de micro-turbulence liés au déplacement de la sonde. Les perturbations du signal dues à ces processus sont essentiellement sensibles dans les régions de forts gradients et lorsque la vitesse verticale de la sonde n'est pas rigoureusement uniforme.

Cette étape s'effectue à l'aide du programme ALIGNCTD du logiciel SEASOFT fourni avec la sonde. Dans un premier temps les mesures de conductivité sont alignées sur celles de température puis ces deux mesures sont ensuite alignées sur les mesures de pression. Compte tenu des informations fournies par le constructeur et de différents tests effectués avec des valeurs de décalage temporel distinctes (Cf.: figure 2), les résultats les plus corrects sont obtenus lorsque l'on considère que les mesures de conductivité sont effectuées 0.6s avant celles de température, celles-ci l'étant 0.7s après celles de pression.

b) -moyennage:

Nous moyennons alors les mesures tous les 2db, soit la résolution du capteur de pression, à l'aide du programme BINA VG du logiciel SEASOFT. Ce programme moyenne les mesures de température et de conductivité et fournit les valeurs de température et de salinité sur lesquelles sont appliquées les étapes suivantes.

c) -élimination des points aberrants:

Nous éliminons du fichier obtenu tous les triplets (p, T, S) dont les valeurs de température et/ou de salinité ont une déviation supérieure à 5 fois l'écart-type calculé dans une fenêtre glissante de sept points. Les triplets éliminés ne sont pas remplacés par la suite. Ceci permet d'éliminer, en présence de plusieurs pics successifs, un biais

éventuel non représentatif du signal recherché. Cette procédure élimine en moyenne une vingtaine de données par profil 0-800db.

d) -filtrage:

Le filtre appliqué au profil de salinité est la méthode des points médians. L'application de cette technique aux données océanographiques a été mise en valeur par A.SY (Deep Sea Research, Vol.32, n°12, 1591-1599. -1985-).

Par définition, une valeur x satisfaisant les conditions $P(X < x) > 1/2$ et $P(X > x) > 1/2$ est nommée valeur médiane x_m , où $P(X)$ est une probabilité relative à X . Soit, pour une séquence de q points (q impair) de données x_1, x_2, \dots, x_q , x_m est défini comme étant le point central une fois la séquence ordonnée selon les valeurs de ces points. Ainsi, dans une fenêtre de taille $q=2*k+1$, $x_m = \text{médian}(X(j-k), \dots, x(j), \dots, x(j+k)) = x(j)$.

Ce filtre est réalisé en faisant 'glisser' la fenêtre le long du profil en remplaçant la valeur centrale de la fenêtre par le point médian des q valeurs de la fenêtre. Nous avons appliqué cette méthode avec $q=5$.

Cette procédure de filtrage comporte de nombreux avantages. Elle permet notamment de ne pas réduire le nombre de cycles de mesures, de préserver les gradients (des résultats optimaux sont obtenus dans les régions de forts gradients) et de ne pas modifier les séquences monotones. Contrairement à une moyenne arithmétique, les valeurs extrêmes de la séquence n'influent pas sur la valeur du point médian. Par contre, les dépendances statistiques et les relations entre les différents paramètres d'une séquence sont alors légèrement modifiées; il serait souhaitable d'effectuer une moyenne arithmétique des données ainsi filtrées pour atténuer ces modifications. Ceci est cependant facilement envisageable lorsque les mesures sont obtenues avec une grande fréquence d'acquisition et une grande résolution en pression; en raison de la faible résolution du capteur de pression utilisé, nous avons dû moyenner auparavant les mesures tous les 2db avant d'appliquer la procédure de filtrage (étape b) afin notamment d'atténuer les effets dus au roulis du navire. Enfin, ce filtre ne permet pas de supprimer dans certaines régions des biais éventuels qui seraient dus à la présence de pics successifs présentant un biais systématique. Cependant, l'élimination préliminaire des points aberrants (étape c) permet en grand partie de s'affranchir de ce problème.

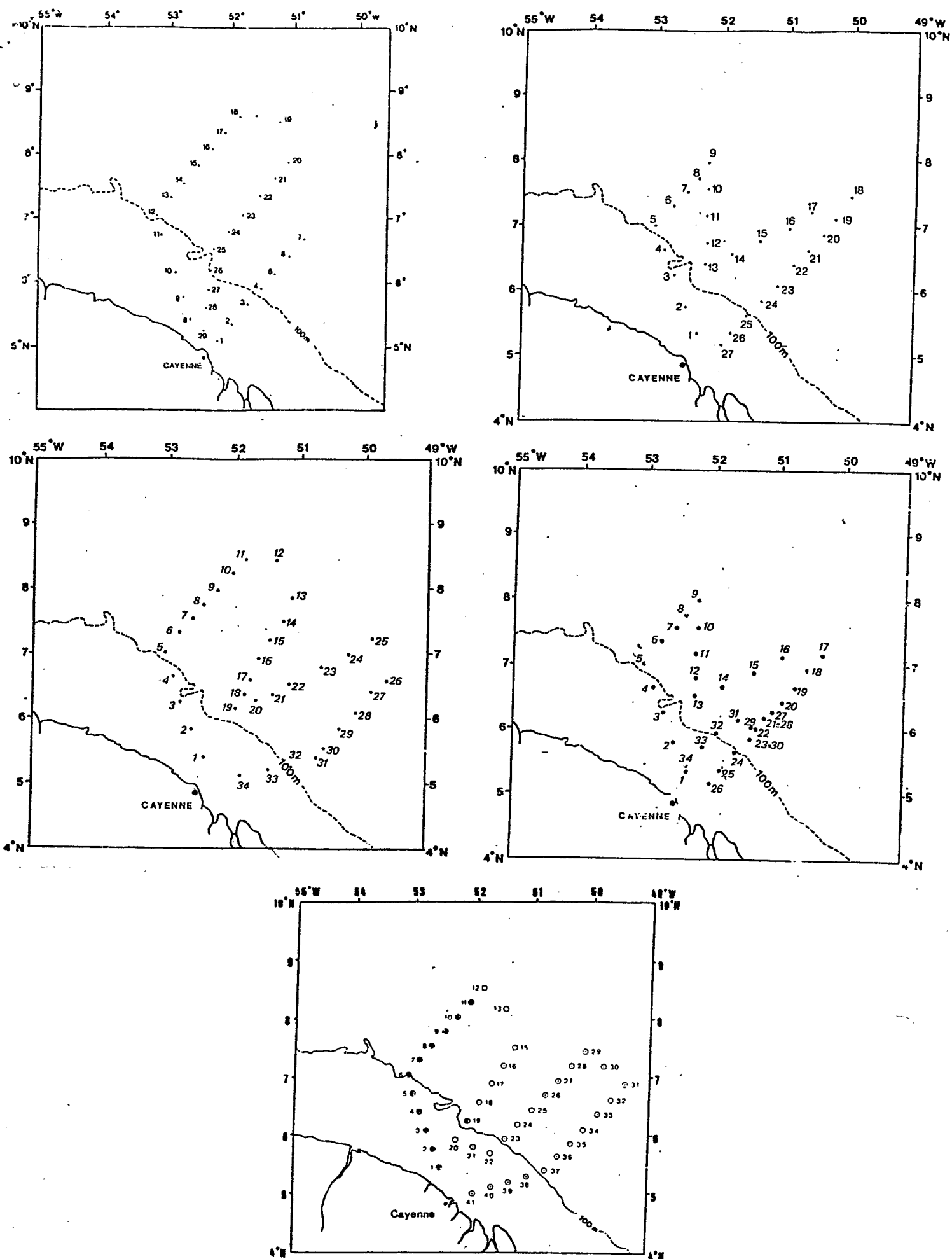
Une illustration de l'application de cette procédure est donnée par les figures 3 et 4. Le profil original (fig.4.a), provient de la station 15 de la campagne NOE- 7; il comporte de nombreux pics, principalement entre 100 et 200m, région de forts gradients. Une comparaison avec la figure 4.b montre clairement: i) l'efficacité du filtre et de la méthode des points médians, ii) la restitution fidèle du signal moyen et des gradients associés. Une visualisation concentrée sur la couche 100-200m (fig.3) permet de voir

l'évolution du profil au cours de la procédure, suit aux corrections apportées par l'alignement (étape a qui permet déjà d'atténuer sensiblement les pics), et à l'application du filtre (qui élimine tous les pics importants et non représentatifs du signal moyen).

Bernard BOURLES, Christian COLIN, Rémy CHUCHLA, Pierre-Yves NOYER
(Cayenne / mars 1991)

Remerciements: Nous tenons à remercier D. TAILLIEZ qui nous a aimablement expliqué et communiqué la méthode utilisée dans son laboratoire de Villefranche s/mer.





Figures I: Plan des campagnes NOE-3 à NOE-7 (de haut en bas, et de gauche à droite)

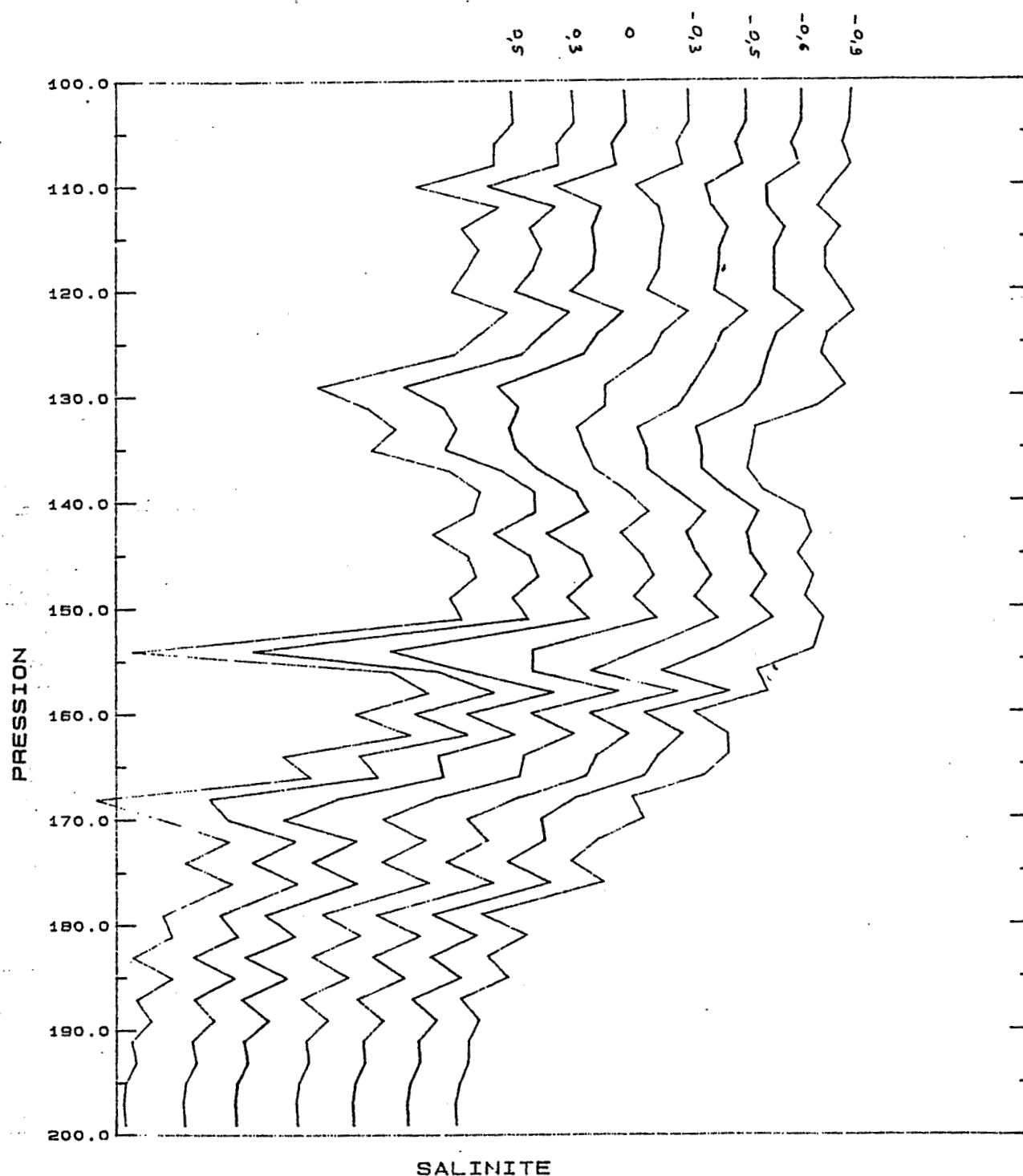


Figure II: Visualisation de l'application du logiciel 'ALIGNCTD', qui corrige le décalage temporel des mesures, sur une portion d'un profil de salinité située entre 100 et 200m, dans la région de forts gradients.

(la correction du décalage entre les mesures de température et salinité par rapport à celles de pression est fixée à 0.7s. La valeur indiquée au-dessus des profils est la valeur des corrections entre les mesures de température et de salinité. Nous pouvons constater que les valeurs positives accentuent les pics -elles augmentent le retard des mesures de température par rapport à celles de salinité- et qu'une trop forte correction négative, -0.9s, a tendance à inverser les pics ou à en générer.)

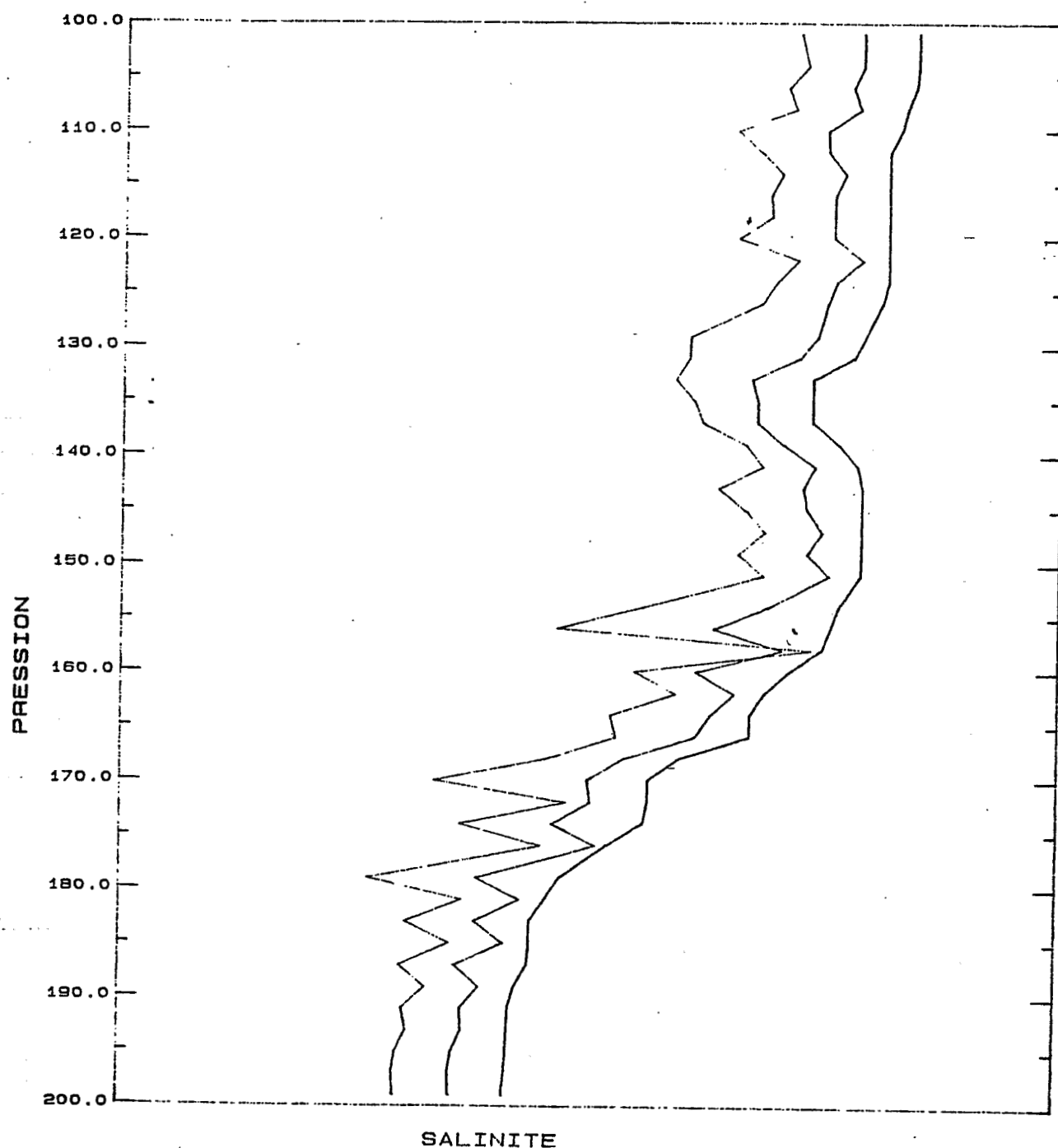
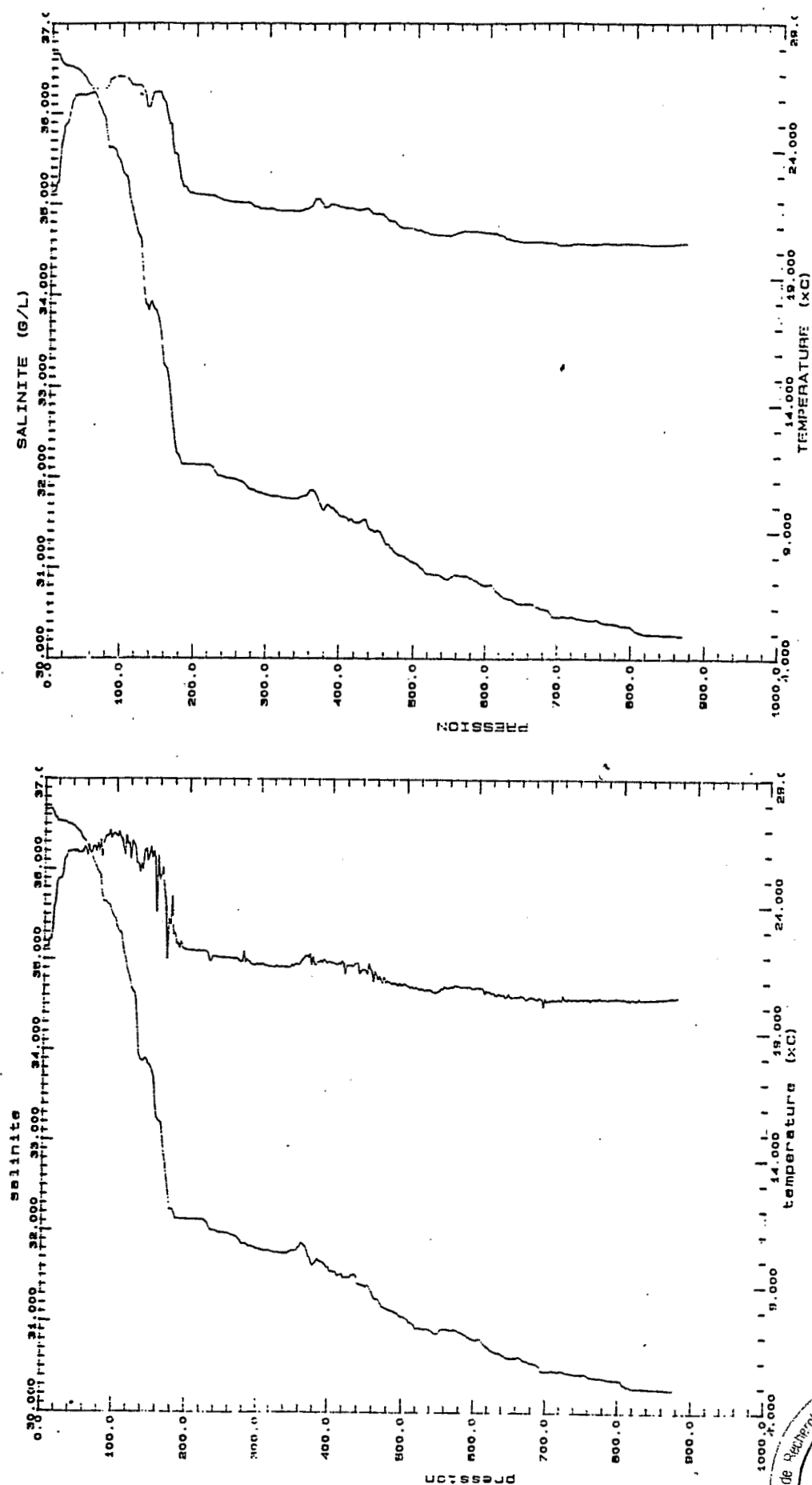


Figure III: Visualisation de l'évolution du profil de salinité durant l'application du filtre.
 -à gauche: profil initial.
 -au milieu: profil obtenu suite à l'application du logiciel 'ALIGNCTD'.
 -à droite: profil obtenu en fin de procédure, suite au lissage par les points médians.



Figures IV: Profils de température et de salinité obtenus à partir:
a: des données brutes (en bas).
b: des données obtenues après la procédure de lissage (en haut).
(les figures précédentes sont extraites de ce profil, mesuré à la station 15 de NOE-7).





Guyane

Centre ORSTOM de Cayenne
BP 165
97323 CAYENNE Cédex
Tél : 0594 29 92 92
Fax : 0594 31 98 55



Institut français de recherche
scientifique pour le
développement en coopération



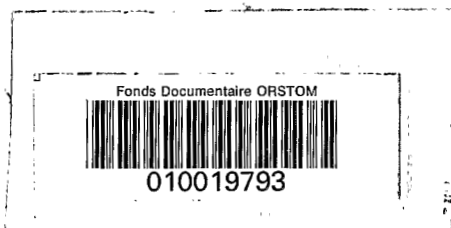
Laboratoire d'Océanographie Physique

*A Cayenne ce rapport porte
le n° GP 27 de la coll.
Doc Sci*

**NOTE CONCERNANT LE TRAITEMENT DES MESURES
EFFECTUEES AVEC UNE MINI-SONDE SEABIRD
LORS DES CAMPAGNES NOE**

Bernard BOURLES, Christian COLIN, Rémy CHUCHLA, Pierre-Yves NOYER

Cayenne, mars 1991



Fonds Documentaire ORSTOM
Cote: **B*19793** Ex: **1**